CAPÍTULO 6

ROZAMIENTO

6.1 OBJETIVOS

- Determinar el coeficiente de fricción estática de un sistema.

6.2 INTRODUCCIÓN

La primera ley de movimiento de Newton dice que un objeto se mueve con velocidad constante (o está en reposo, lo cual es simplemente el caso especial de velocidad constante igual a cero) si sobre él no actúa ninguna fuerza. Al apagar el motor de un carro que se mueve sobre una calle sin declive, el carro va perdiendo velocidad hasta detenerse, ¿eso no es inconsistente con la primera ley de Newton?

Como un segundo ejemplo, consideremos una mota de masa m sobre un libro que mantenemos horizontal. Evidentemente, la mota no se mueve porque las fuerzas que actúan sobre ella son el peso hacia abajo y la fuerza de reacción del libro, la cual es normal a las superficies en contacto, y esas dos fuerzas son iguales en magnitud pero opuestas en sentido. Ahora, empecemos a inclinar el libro, formando un ángulo θ con la horizontal. Como se observa en la Figura 8.1, el sistema puede compararse a un bloque de masa m descansando sobre un plano inclinado. Podemos descomponer el peso mg en sus componentes perpendicular (normal) a la superficie $F_{\perp} = mg{\cdot}cos\theta$ y paralelo a la superficie $F_{\parallel} = mg{\cdot}sen\theta$. La fuerza de reacción es igual al componente perpendicular del peso y, por tanto, no hay movimiento perpendicular a la superficie. Pero, ¿qué pasa en la dirección paralela a la superficie del libro donde parece que hay una sola fuerza pendiente hacia abajo? ¿Porqué no se mueve la mota?

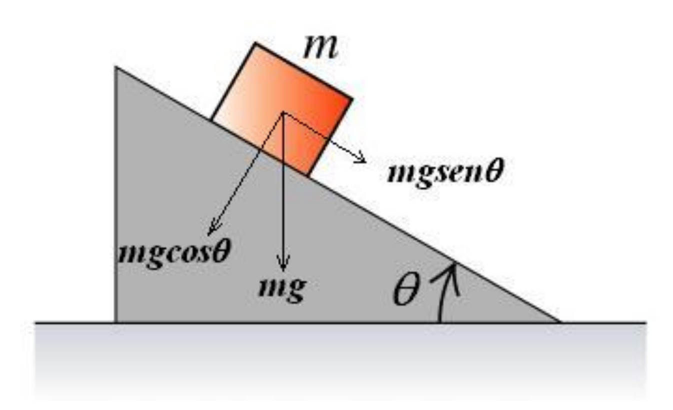


Figura 6.1. El peso de un objeto descompuesto en sus componentes paralela y perpendicular a un plano inclinado [1].

Por supuesto, el problema es que no hemos tomado en cuenta el **rozamiento**: la **fuerza de fricción**. Cuando dos superficies se encuentran en contacto surge una **fuerza de fricción**. Si las dos superficies están en movimiento relativo **la fricción se opone al movimiento entre las dos superficies.** La fuerza de rozamiento cinética (cuerpos en movimiento), f_r , puede expresarse como:

$$f_r = \mu_c N \,, \tag{6.1}$$

donde N es la normal. La constante de proporcionalidad μ_c es el **coeficiente de fricción cinético** y depende de la naturaleza de las dos superficies, es decir, de los materiales, de su estado de limpieza, de la presencia de lubricantes, etc.

Cuando las dos superficies **no están en movimiento relativo**, la situación es algo más complicada. En el ejemplo de la mota y el libro, existe un ángulo crítico θ_C de inclinación de manera que para ángulos menores a θ_C la mota no se mueve y para ángulos mayores a θ_C sí se mueve. Cuando la mota no se mueve, a pesar de que la componente del peso paralela a la superficie actúa, la fuerza de fricción tiene que oponerse a esa fuerza y ser de la misma magnitud. Al aumentar el ángulo aumenta la fuerza tratando de acelerar la mota y, como no hay movimiento, aumenta también la fuerza de fricción. Cuando el movimiento de la mota es inminente es porque la fuerza de fricción ha alcanzado su máximo valor

$$f_{max} = \mu_e N \, . \quad (6.2)$$

En la Figura. 8.2, se observan todas las fuerzas que intervienen en el ejemplo de la mota y el libro cuando el ángulo que forma éste con la horizontal es θ_C.

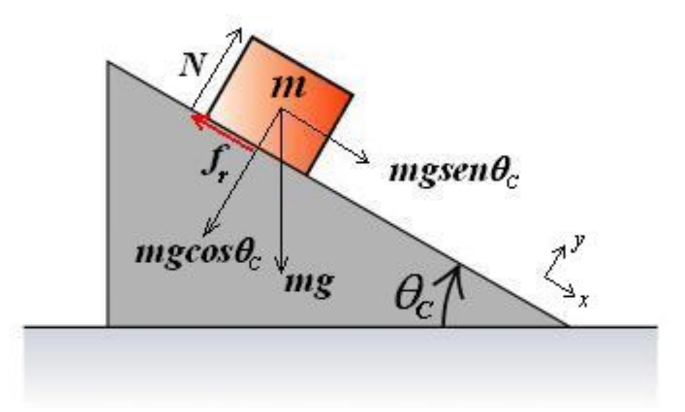


Figura 6.2. Fuerzas que experimenta un objeto ubicado sobre un plano inclinado [1].

Experimentalmente, la medición del valor de θ_C hace posible el cálculo de μ_e. Cuando la mota está a punto de moverse (movimiento inminente), y considerando el sistema de referencia mostrado en la Figura 8.2, tenemos

$$\Sigma \boldsymbol{F} = 0 \quad (6.3)$$

De

$$\Sigma F_y = 0 \, , \quad (6.4)$$

$$N = mg \cos\theta_C \, . \quad (6.5)$$

Y de

$$\Sigma F_x = 0 \, , \quad (6.6)$$

$$f_r = mg \, sen\theta_C \, . \quad (6.7)$$

Ya que en este caso $f_r = f_{rmax}$, podemos combinar la Ec. (8.2) con la Ec. (8.7) para obtener

$$\mu_e N = mg \, sen\theta_C \quad (6.8)$$

Y dado que N está dada por la Ec. (8.5), encontramos

$$\mu_e = \tan\theta_C \quad (6.9)$$

Para hallar μ_c experimentalmente basta notar que si encontramos el ángulo θ'_C para el cual la mota desciende a velocidad constante, se cumplirán las mismas condiciones ($\Sigma \boldsymbol{F}$ = 0) y llegaremos a la relación

$$\mu_c = \tan\theta'_C\,. \qquad (6.10)$$

En la práctica experimental se encuentra que el **coeficiente de fricción estático** μ_e es **mayor que el coeficiente de fricción cinético** μ_c, provocando que una vez que la mota empiece a moverse, esté acelerada.

La **fuerza de rozamiento es una fuerza no conservativa**; es decir, el trabajo hecho contra la fricción no se almacena como energía potencial y, por tanto, no puede ser recuperado. Otra consecuencia de esa **naturaleza disipativa es que el trabajo hecho depende del camino recorrido**, en contraste con la situación de una fuerza conservativa donde el trabajo depende únicamente de los puntos iniciales y finales de la trayectoria.

6.3 EXPERIMENTOS

- **EXPERIMENTO 6.3.1:**

  Determinación del coeficiente de fricción estático mediante la determinación del ángulo crítico, θ_C**.**

- **EQUIPOS Y MATERIALES:**

  - Un bloque de madera
  - Un tablero metálico
  - Un transportador
  - Lijas de grano fino y grueso

- **PROCEDIMIENTO:**

1. Arregla los materiales como se muestra en la Figura 6.3.



Figura 6.3. Montaje de los experimentos 6.1

2. Coloca el bloque sobre el tablero y lentamente aumenta el ángulo de inclinación deslizando el soporte que se encuentra en la base del tablero.
3. Anota el ángulo de inclinación para el movimiento inminente utilizando un transportador.
4. Usando la ecuación (6.9) y la Figura 6.2, calcula el valor de μ_e.

5. Repetir la medición para otros dos lugares sobre el tablero y transcribe los datos a la tabla adjunta.
6. Calcula el promedio y la desviación estándar de μ_e. Realiza los cálculos correspondientes y completa la tabla de la hoja de resultados.
7. Repite el experimento con cada tipo de lija.

Adaptado de: ***MANUAL DE LABORATORIO COMPUTARIZADO DE FÍSICA 1***
David Thompson, José Rivera, Patrizia Pereyra A.
Publicaciones – PUCP.

Figuras adaptadas de : [1] *Física Universitaria, Vol. 1. Décimo primera edición, Sears, Zemansky, Pearson Education, 2004.*